

## 多良間島における断層崖沿いのリン鉱石採掘跡について (予察)

新山 颯大<sup>\*1</sup> 宇佐美 賢<sup>\*1</sup> 新城 竜一<sup>\*2</sup> 菊川 章<sup>\*1</sup>

Preliminary survey of phosphate mining sites along a fault scarp in Tarama-jima Island, southwestern Japan

Sota NIIYAMA<sup>\*1</sup>, Ken USAMI<sup>\*1</sup>, Ryuichi SHINJO<sup>\*2</sup>, Akira KIKUKAWA<sup>\*1</sup>

### Abstract

In this study, we reconstructed the history of phosphate mining on Tarama-jima Island through a review of historical literature and interviews with local residents. Because the precise locations of the mining sites have not been well documented, we conducted a field survey along the fault scarp of Shiokawa, Tarama Village, associated with the Futenma–Shiokawa Fault. The field survey identified a series of linear depressions extending for approximately 350 m along the fault scarp. These depressions are about 5–10 m deep and approximately 5 m wide. Brown-colored ore was observed on the exposed wall surfaces of the fault scarp. The chemical composition of this brown ore was analyzed using wavelength-dispersive X-ray fluorescence (WDXRF). The results indicate that the brown ore contains higher P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> concentrations than the limestone of the Ryukyu Group ("Ryukyu limestone"), although the concentrations are significantly lower than those of phosphate rock from Kitadaito-jima island. Despite the relatively low P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content, the enrichment relative to "Ryukyu limestone" is distinct. We therefore interpret the brown ore exposed along the fault scarp as phosphate rock, and conclude that the observed depressions are most likely remnants of past phosphate mining activities.

### 1. はじめに

多良間島は東西約6 km、南北約4 kmの長円形をした島で、宮古島と石垣島のおよそ中間に位置しており、約8 km北に位置する水納島と共に多良間村を構成している。多良間島の地質については、戦前に島の全域に琉球層群の石灰岩が分布することが報告されてきた (Yoshiwara, 1901; Hanzawa, 1935)。その後、本格的な島全体の地質の調査が実施され、層序が明らかになったのは戦後の1970年代後半になってからであった (矢崎, 1977; Furukawa, 1979 など)。島内各地で掘削したボーリングコア試料の調査から、多良間島の基盤は石灰

岩ではなく、砂質の堆積物であることが判明している (矢崎, 1977; Furukawa, 1979)。砂質堆積物は地表の露頭では確認することができず、ボーリングコア中にのみその存在が確認されており、不整合で琉球層群に覆われている (Furukawa, 1979)。層序単位としての名称は著者によって表記が異なっており、「島尻層群」 (矢崎, 1977)、「多良間砂層」 (Furukawa, 1979; 古川, 1985) となっている。層序学的帰属については、岩相から宮古島に分布する島尻層群大浦層 (大神島層) に相当するものとして考えられてきた (矢崎, 1977; Furukawa, 1979)。しかし、その後石灰質ナンノプランクトンを使った生層序学的研究により、地質年代は 0.987~0.451

\*1 〒 900-0006 沖縄県那覇市おもろまち 3-1-1 沖縄県立博物館・美術館  
Okinawa Prefectural Museum & Art Museum, 3-1-1, Omoromachi, Naha, Okinawa, 900-0006, Japan

\*2 〒 903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 琉球大学 理学部物質地球科学科  
Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara-cho, Nakagami-gun, Okinawa, 903-0213, Japan

Maを示すことが判明しており（大関ほか，2014）、詳細については議論が続いている。島の表層の大部分をなすのは琉球層群の石灰岩で、下位からサンゴ石灰岩、石灰藻球石灰岩、*Cycloclypeus-Operculina*石灰岩、淘汰の悪い碎屑性石灰岩からなる天川石灰岩、サンゴ化石や石灰藻球礫を含む石灰質礫岩からなるパナリ石灰岩で構成されている。琉球層群の上位には、斜交層理が発達する石灰質粗粒砂岩と生砕物からなり、赤褐色の風化土壌が挟在する遠見台石灰岩が不整合の関係で接する。

島の東部では、走向・傾斜がN20°W、70°Wの正断層が島を縦断し、断層崖を形成している（矢崎，1977; Furukawa, 1979）。この断層崖は矢崎(1977)によって“普天満―塩川断層”、Furukawa (1979)によって“Futenma Fault（普天間断層）”と命名されている（この断層崖は、現在 google map 上では「多良間島断層崖」として登録されている）。上記のように一つの断層（崖）に対して複数の名称が用いられていることに加えて、矢崎（1977）は多良間

島東方沖の海域に存在する断層に対して「多良間溝状低下帯（多良間断層）」と命名している。本項では多良間島東部の地表に露出する断層に対して、「普天満―塩川断層」（矢崎，1977）を使用する。そして、本稿では普天満―塩川断層沿いに形成された崖を「断層崖」と呼称する。

2019年度より開始した宮古諸島総合調査事業における地学分野の調査開始にあたり、多良間村におけるリン鉱石採取の歴史について情報を得た。しかし同村におけるリン鉱石採掘の情報は、村史に記載はあるが、他に詳細な情報が得られなかった。そこで第一に情報収集を行うとともに現地調査を行うこととした。多良間島での聞き取り調査では、採掘当時を知る人は年齢的におらず、採掘跡や採掘後の島外への搬出ルート等の情報を伝え聞き知る島民がいるが、詳細は定かではなかった。そこで、本調査ではリン鉱石採掘跡とその歴史について情報収集と現地調査を行い、その概要を記録することを目的として調査を実施した。

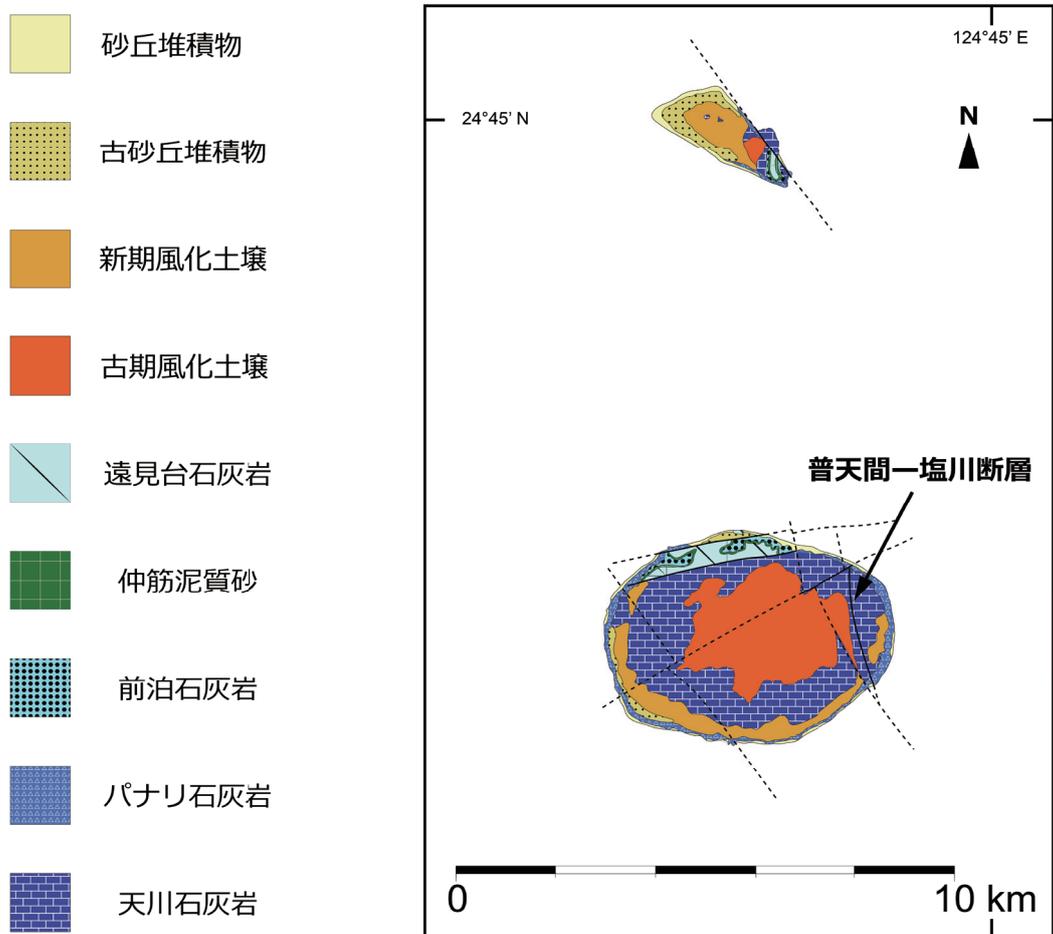


図 1. 多良間島の地質図（矢崎，1977 に基づき作成）

## 多良間島におけるリン鉱石の研究史

多良間島におけるリン鉱石の採掘については多良間村史とその関連文献などの中に記されており、1939年までの記述が残されている（表1）。実業家（後に政治家）である森恪<sup>\*</sup>らは、多良間島にリン鉱石が存在することを知り、1921年から試掘を開始した。森が多良間島に赴いた際の様子は伝記の中にも記述がある（山浦，1940）。リン鉱石の採掘が本格化すると1日あたり人夫100人余りを雇い、1923年8月まで採掘が行われた（山浦，1940；多良間村史編集委員会，2000，2005；多良間村役場，2014）。1923年9月1日に発生した関東大震災の影響で試掘に従事していた一団は多良間島から撤退し、その後事業化されることも無かった。その後、1937年に発生した日中戦争により、国外からのリン鉱石の輸入が困難な状況となった。国内産のリン鉱石を探し出し、利用する目的で農林省の林義三技師らは南西諸島で資源調査を実施した（南西諸島鉱物資源調査）。当時の調査の様子は、いくつかの書籍や論文に断片的に記録されている（正木，1941；小林，1971；沖縄テレビ放送株式会社，1995）。多良間島のリン鉱石に関する科学的な調査結果について記載があるのは阿曾（1944）が初出で、鉱質については以下のように記載されている。

“本島（多良間島）磷鑛に就ては森格氏が稍々秩序的に調査された模様であるが鑛量の関係からか企業化するには至らなかつた。鑛質は宮古島と同じく硬軟二種あり、褐色を呈し成分は磷酸35乃至10%、酸化鐵礬土含量2乃至5%であるが一般に低度品である”

また、阿曾（1944）では、井戸水にも3%前後のリン酸分を含むとの記述がある。戦後にはHutchinson（1950）が太平洋域の環礁で確認されたグアノの一部として多良間島のリン鉱石に言及している。Hutchinson（1950）の中で、多良間島のリン鉱石に関する内容の情報源は「Rodgers, personal communication」とされており、戦後に沖縄県内で軍事地質学的調査を行った調査チームの責任者であるJohn Rodgers（Nicol et al., 1957）からもたらされたと考えられる。その後、兼島（1963）では多良間島産のリン鉱石に関する成分分析の結果を示している。

産状についての記述はいずれの文献においても少ないが、阿曾（1944）で以下のように述べられている。



図2. 「ウプコウから棚口」に相当する範囲（出典：国土地理院撮影の空中写真（2008年撮影）を加工して作成）

“本島（多良間島）は燐鑛形成末期に大變動に遭遇し、一旦形成した燐鉱の上に再び珊瑚礁を生成したるものゝ如く、現在燐鑛の分布せらるゝ鹽川方面は燐鑛の上部は1尺乃至3尺に及ぶ石灰岩に覆はれ、又場所によりては露頭を見るといふ状態である”  
 上記のように阿曾（1944）では多良間島ではリン鉱をサンゴ石灰岩が覆うとの記述があるが、露頭の写真やスケッチは示されておらず、詳細については不明であり、Hutchinson（1950）は以下のように記している。

“It is most unfortunate that nothing seems to be known about the reef formed over the phosphate deposits.”

多良間島のリン鉱石に関する研究は、リン鉱石の成分分析が中心であり、地図上で採掘地点を確認できる例はない（例えば、Hutchinson, 1950; 兼島, 1963; 大城, 2020）。多良間村役場（2014）では、リン鉱の採掘が行われた地域について、“ウブコウから<sup>たなふつ</sup>にかけて燐鉱採掘がされた”と記しており、大まかには図2のようになる。

表1. 多良間島におけるリン鉱石採掘の歴史

年代	主な出来事	備考	文献
1939年 (昭和14年)	野津伝一によって採掘されたリン鉱石（森格らが採掘したものも含まれる）が島外に運び出された。	多良間島から運び出されたリン鉱石の重量に関する記述は以下の通り。 1,300 t（多良間村史編集委員会, 2005）、1,000 t（Hutchinson, 1950, Table 25） “Rodgers was told that 1000 tons were removed in 1939.”（Hutchinson, 1950, p. 249）と記されているが、Rodgersにその数値を伝えた人物が誰なのかは記録されていない。 ※多良間村史編集委員会（2000）には、森ら一行が再来島してウカバの浜からリン鉱石を運び出したと書かれている。	Hutchinson（1950） 多良間村史編集委員会（2000, 2005） 多良間村役場（2014）
1938年 (昭和13年)	農林省が実施した「南西諸島鉱物資源調査」において団長小林義三一行が来島（11月28日）、採掘状況を確認した。	団員の小林純が撮影した調査風景の写真・映像資料は、沖縄テレビ放送株式会社から沖縄県立公文書館に寄託された。	沖縄テレビ放送株式会社（1995） 多良間村役場（2014）
1937年 (昭和12年)	平良町（現平良市）の野津伝一が採掘を再開。	野津伝一氏が採掘を再開した経緯については書かれていない。	多良間村史編集委員会（2000, 2005） 多良間村役場（2014）
1923年 (大正12年)	森格らによるリン鉱石の試掘が打ち切られる	8月まで採掘が継続されたが、関東大震災（1923年9月1日発生）の一報を9月5日に多良間島で受け、穴戸弘三氏ら採掘に従事した一行はリン鉱石を放置して引き上げ、そのまま森らの事業は打ち切りとなった。	山浦（1940） 多良間村史編集委員会（2000, 2005） 多良間村役場（2014）
1922年 (大正11年)	森格らによるリン鉱石の試掘が本格化	1日あたり人夫100人余りの労力をつぎ込んで採掘が行われていた。	多良間村史編集委員会（2005）
1921年 (大正10年)	森格らによってリン鉱石の試掘開始 ※実際の仕事を担当したのは山田慶三郎氏	詳細な分析に関しては記述が無いが、森らによってリン鉱石が確認されたと言われている。 “ウブコウから棚口にかけて”（多良間村史編集委員会, 2000; 多良間村役場, 2014）の地域で採掘が行われた。	多良間村史編集委員会（2000, 2005） 多良間村役場（2014） 樋口（2018）
1920年 (大正9年)	東京都の森格が多良間島のリン鉱開発事業に着手	国防ための飛行機など軽合金の需要が高まり、アルミニウム製造の自給自足を目標として、森らは当時の二十万円以上をかけて多良間島のリン鉱試掘を試みた。	山浦（1940） 樋口（2018）
年代不明	塩川支部の与那原加根が宮古島での丁稚奉公中に、多良間島のリン鉱石の情報を提供する	「多良間村史」内では、宮古島における石を前にした問答の中で、与那原加根が何を根拠にリン鉱石が多良間島に存在するかを示したのかは書かれていない。外見上の特徴だけで判断したと思われる。	多良間村史編集委員会（2000）

## 2. 調査・分析の手法

断層崖は普天間―塩川断層に沿って塩川集落の東部を約 1.4 km に渡って南北に延びる。本調査ではそのうち北側の 450 m の範囲で採掘跡の搜索を行った。

断層崖におけるリン鉱石の存在を確認するため、採集した褐色の堆積物試料 (No. 3, No.4) を波長分散型蛍光 X 線分析装置 (WDXRF) によって簡易分析し、五酸化二リン ( $P_2O_5$ ) の含有量を求めた。比較のため、北大東島のリン鉱石 2 試料 (No. 1, No.2) と産総研地質調査総合センターの石灰岩標準岩石試料 (JLs-1) の分析も同時に行った。

断層崖で得られた試料はハンマーを用いて 2 cm 大に粉碎し、その後、めのう乳鉢と乳棒を用いて粉末状にした。タングステンカーバイト (WC) 製ダイペレット (リガク製 Cat.No. RS2545) の上に、塩ビリング (リガク製 Cat.No. RS100-10; 外径 18 mm × 内径 13 mm × 高さ 5 mm) を置き、その中に 0.5 ~ 0.7 g のサンプル粉末を入れて、その上から WC ダイペレットをかぶせて挟み込み、これをダイス (リガク製 3482/AL 型) に載せて、加圧装置 (理研機器 (株) CDM-10PA) にセットした。加圧は理研機器 (株) の小型電動油圧ポンプ (Model SMP-3012SK) を用いて 50 MPa で 5 分間、加圧成型しペレットを作成した。

分析には、琉球大学研究基盤統括センターに設置されている (株) リガク製の WDXRF ZSX-Primus II を用いた。試料ホルダーには直径 10 mm の試料マスクを用いた。分析は「分析」モードの設定で定性分析を行い、含有されている元素の検出を行うため、各元素の X 線ネット強度に着目した。

## 3. 結果

### リン鉱石採掘跡の調査結果

断層崖の北部のうち、約 350 m の区間で窪地を確認することができた。窪地はある程度連続的に確認することができたが、場所によっては石灰岩の巨礫が窪地を埋めるような形で敷き詰められていた。確認した窪地は 20 地点で、発見された順に M-1 から M-20 の番号を付けた。窪地は琉球層群の石灰岩を切る普天間―塩川断層沿いの断層崖沿いに形成さ

れており、窪地内の壁面には褐色の堆積物が確認された。M-1 で確認された褐色の堆積物は  $N20^\circ W$ 、 $60^\circ E$  の走向・傾斜を示したが、M-5 などではほぼ垂直の壁面に付着していた。窪地の壁面にはフローストーンなどの二次生成物が形成されており、褐色の堆積物はその二次生成物に接する形で分布する場合が多かったが、地点によっては二次生成物が確認できないこともあった (図 3, 4)。上記の産状はあくまでも現状の確認による見かけ上の堆積物の分布を確認したものであり、人の手が加わっていない (採掘前の) 産状を記載したものではないことに注意が必要である。二次生成物が認められることから、過去に石灰岩が溶食されるような洞穴状の地形が発達していた可能性があるが、採掘された後の状態では本来の地形が不明であるため、本報告の中では言及しない。

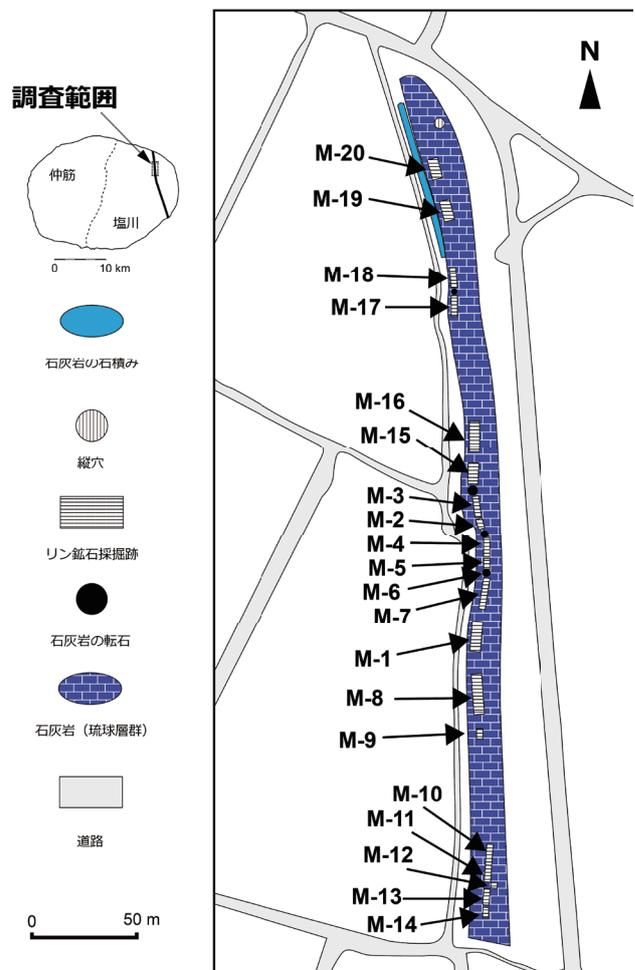


図 3. リン鉱石採掘跡の分布図

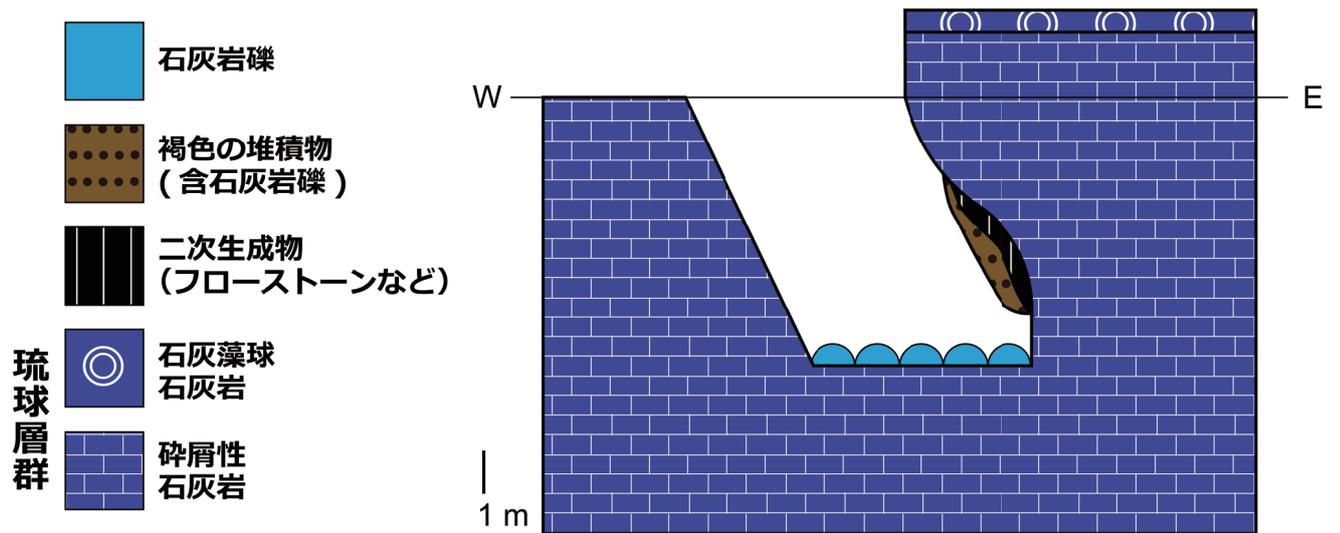


図4. 断層崖沿いのリン鉱石採掘跡の概況図



写真1. M-1の褐色の堆積物



写真2. M-3の窪地

### リン鉱石の分析結果

定性分析チャートの結果を図5に示す。一番高い $P_2O_5$ 量 ( $P-K\alpha$ のネット強度)を示したのは、北大東島のNo. 2サンプルで、次にNo. 1サンプルであった。多良間島のサンプルの $P-K\alpha$ のネット強度は、北大東島サンプルと比較すると約1/10であった。定性モードでの分析のため、 $P_2O_5$ の定量値は不明である。そこで大まかな $P_2O_5$ 量を見積もるために、未知サンプルと同様に処理し同じ条件で分析を行ったJLs-1に着目した。JLs-1の $P-K\alpha$ のX線強度は0.128 kcpsであった。JLs-1の $P_2O_5$ 推奨値は0.0295 wt%である (<https://gbank.gsj.jp/geostandards/semiment.html>)。北大東島のサンプルは、No. 1の $P-K\alpha$ のX線強度が16.900 kcps、No. 2の $P-K\alpha$ が60.353である。JLs-1の $P-K\alpha$ 強度を参考に、 $P_2O_5$ 量を計算すると、No. 1が約4%、No. 2が

14%となる。ちなみに、兼島(1963)による北大東島のリン鉱の $P_2O_5$ は27.75%である。多良間島のサンプルは、No. 3の $P-K\alpha=1.327$  kcps、No. 4の $P-K\alpha=1.614$  kcpsであった。 $P_2O_5$ に換算すると、それぞれ0.3%、0.4%となる。通常の石灰岩(JLs-1)に比べると、 $P_2O_5$ は10倍程度多い。しかし、北大東島のものに比べると、一桁少ないレベルである。多良間島のリン鉱の $P_2O_5$ は、Hutchinson(1950)によると20.27~38.00%、兼島(1963)によると30.74%となっており、やはり今回分析した試料の $P_2O_5$ の含有量は明らかに少ない。過去に行われた採掘によって少なくとも1,000~1,300 tのリン鉱石が島外に運び出されていることから、 $P_2O_5$ の含有量が多い良質なリン鉱石はもう残っておらず、今回採集されたような $P_2O_5$ が少ない鉱石が得られた可能性がある。

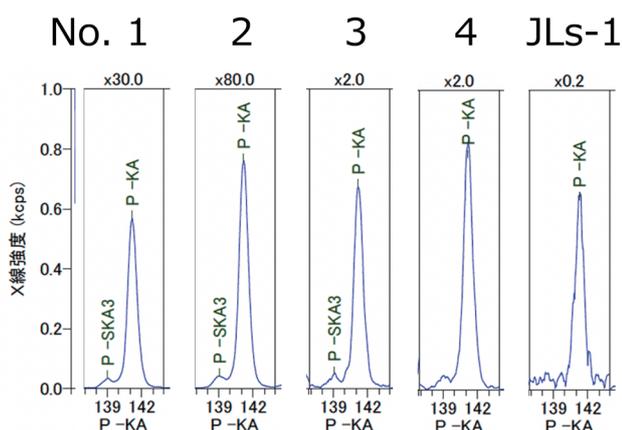


図5. 定性分析チャートの結果

少なくとも通常の石灰岩よりも  $P_2O_5$  の含有量が高いことから、褐色の堆積物はリン鉱石の一部と考えられる。これらの結果に基づき、断層崖沿いの窪地をリン鉱石の採掘跡と認識した。窪地の直上には自然の堆積物は残されておらず、阿曾（1944）において記述されていたリン鉱石を覆うサンゴ石灰岩は確認できなかった。

#### 4. まとめ

多良間村塩川東部に走る断層崖沿いに、南北約 350 m の範囲でリン鉱石の採掘跡を確認した。採掘跡の一部は石灰岩の礫で埋められている場所もあったが、概ね深さ約 5 m、幅約 5 m の範囲が窪地となっていることが明らかとなった。断層崖沿いに発達した二次生成物に接する形で褐色の堆積物が確認され、0.3%～0.4% のリン酸が含まれることが明らかとなった。

#### 5. 謝辞

調査の進行にあたり、多良間村教育委員会の池城三千雄氏、桃原薫氏にはリン鉱石の採掘に関する情報をご提供いただいた。多良間村立図書館の桃原光盛氏には森恪氏に関する文献の情報をご提供いただいた。リン鉱石の採掘跡の現地調査においては、名嘉真好太郎氏に現地をご案内いただいた。多良間村在住の皆様には、断層崖周辺植生の剪定および清掃活動を行っていただき、調査の進行にご協力いただいた。安谷屋昭氏には多良間島におけるリン鉱石採掘に関する文献をご提供いただいた。上記の方々に感謝の意を表す。

## 要旨

本研究では、文献調査および聞き取り調査により多良間村におけるリン鉱石採掘の歴史を整理した。リン鉱石の採掘地点に関する記述は文章だけにとどまるものが多かったため、多良間村塩川において、普天満一塩川断層沿いに形成された断層崖周辺のリン鉱石採掘跡の分布を調査した。調査の結果、少なくとも断層崖北部の約 350 m の範囲で窪地が連続的に分布することが明らかとなった。窪地は所によって深さが異なるが、概ね 5～10 m 程度であり、幅は約 3～5 m であった。断層崖の壁面には褐色の堆積物が確認された。褐色の堆積物を波長分散型蛍光 X 線分析装置 (WDXRF) を用いて簡易成分分析した結果、0.3～0.4% の  $P_2O_5$  (五酸化二リン) が含まれることが判明した。少なくとも琉球層群の石灰岩よりも  $P_2O_5$  の含有量が多い堆積物であることから、褐色の堆積物はリン鉱石と推定され、断層崖沿いの窪地はリン鉱石の採掘跡と考えられる。

## 引用文献

- 阿曾八和太. 1944. 燐鑛. 丸善株式会社.
- Furukawa, H. 1979. Quaternary geologic history of the Ryukyu Islands. *Bulletin of Science & Engineering Division, University of Ryukyus. Mathematics & natural sciences*, 27:99-161.
- 古川博恭. 1985. III C 南琉球 2 多良間島. 木崎甲子郎 (編) 琉球弧の地質誌. 沖縄タイムス, 155-157.
- Hanazawa, S. 1935. Geological History of the Ryukyu Islands. *Proceedings of the Imperial Academy*, 11 (2): 58-61.
- 樋口正士. 2018. 東亜新秩序の先駆 森恪 — 上巻 薫陶を活かした男 —. 株式会社カクワークス社.
- Hutchinson, G. E. 1950. Survey of contemporary knowledge of biogeochemistry 3. The biogeochemistry of vertebrate excretion. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 96.
- 兼島 清. 1963. 琉球諸島に於けるリン鉱の産地と品質. 琉球大学文理学部紀要 理学篇, 6: 11-26.

- 小林 純. 1971. 水の健康診断. 岩波書店.
- 正木 任. 1941. 尖閣群島を探る. 採集と飼育, 3(4):102-111.
- Nicol, H. A., Fint, D. E. and Saplis, R. A. 1957, *Military geology of Okinawa-Jima, Ryukyu-Retto volume 1. Introduction and engineering aspects*. U.S. Army Intelligence Division Office of the Engineer Headquarters Japan.
- 沖縄テレビ放送. 1995. よみがえる戦前の沖縄: 写真集. 沖縄出版.
- 大城逸朗. 2020. 第1章 地形・地質 宮古島市史編さん委員会(編) 宮古島市史第三巻 自然編 第1部(本編) みやこの自然, 宮古島市教育委員会, 9-84.
- 大関 萌・今井 遼・高柳栄子・井龍康文. 2014. 琉球列島多良間島に分布する琉球層群の層序および年代. 日本地質学会第121年学術大会講演要旨.
- 多良間村史編集委員会. 2000. 島のあゆみ 第1巻 通史編. 多良間村.
- 多良間村史編集委員会. 2005. 近現代の社会と生活 第3巻 資料編2. 多良間村.
- 多良間村役場. 2014. 多良間村村制施行百周年記念誌. 多良間村役場.
- 山浦貫一. 1940. 森格. 森格傳記編纂會, 高山書院.
- 矢崎清貫. 1977. 多良間島地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 地質調査所.
- Yoshikawa, S. 1901. Notes on the Raised Coral Reefs in the Islands of the Riukiu Curve. *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo*, 16 (1):1-14.

※ 相曾(1944)、多良間村史編集委員会(2000, 2005)、沖縄県(2014)、多良間村役場(2014)の中では「森格」となっているが、正しくは「森格」